

Laboratorios remotos y virtuales: recursos para la educación en Física.

Remote and virtual laboratories: resources for education in Physics.

Graciela Serrano¹, Carlos Martínez^{1,2}, Silvia Clavijo¹.

1. Facultad de ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo. Bernardo de Irigoyen 375 (5600) San Rafael, Mendoza, Argentina.
2. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Urquiza 314 (5600) San Rafael, Mendoza, Argentina.

E-mail: gserrano@fcai.uncu.edu.ar

Resumen

Este trabajo presenta un estudio exploratorio y descriptivo sobre la selección, caracterización, uso y valoración de laboratorios remotos y laboratorios virtuales en la educación en Física en condiciones de no presencialidad. La metodología incluyó la búsqueda, caracterización, selección e implementación en el aula de laboratorios remotos y virtuales, así como el diseño y aplicación de un cuestionario a estudiantes para la valoración de la propuesta. De la gran variedad de recursos disponibles solamente unos pocos se adaptaron a los criterios de selección que, entre otros aspectos, consideraron los contenidos disciplinares y el nivel de educación universitario. Los recursos seleccionados implementados con guías didácticas especialmente confeccionadas para la educación no presencial fueron valorados positivamente por los estudiantes en diferentes aspectos, entre ellos la capacidad de operar en cualquier momento repitiendo el experimento tantas veces como sea necesario y promoviendo de este modo el involucramiento del estudiante en sus aprendizajes. Es importante resaltar la versatilidad de estos recursos para acompañar la actividad experimental en educación no presencial o en una propuesta de educación mixta como la que se está transitando en el 2021.

Palabras clave: laboratorios remotos, laboratorios virtuales, educación en física.

Abstract

This work presents an exploratory and descriptive study on the selection, characterization, use and evaluation of remote and virtual laboratories in Physics education in non-presence conditions. The methodology included the search, characterization, selection and implementation in the classroom of remote and virtual laboratories, as well as the design and application of a questionnaire to students for the evaluation of the proposal. Of the great variety of available resources, only a few were adapted to the selection criteria that, among other aspects, considered the disciplinary content and the level of university education. The selected resources implemented with didactic guides specially made for non-face-to-face education were positively valued by the students in different aspects, including the ability to operate at any time by repeating the experiment as many times as necessary and thus promoting student involvement in their learning. It is important to highlight the versatility of these resources to accompany the experimental activity in non-face-to-face education or in a mixed education proposal such as the one that is being transited in 2021.

Keywords: remote laboratories, virtual Laboratories, physics Learning.

1. Introducción

Con la inesperada pandemia COVID 19, los docentes de todas las cátedras universitarias debieron ajustar sus formas de trabajo a una modalidad diferente a la que, en la mayoría de los casos, era la tradición: la educación presencial.

Desde la cátedra de Física II se revisaron estrategias de educación desarrolladas desde años anteriores, en especial pensando en la necesidad de ofrecer a los estudiantes universitarios situaciones de experimentación. Es indiscutible la importancia del laboratorio en la enseñanza de la Física en todos los niveles y modalidades de enseñanza, y en particular

en carreras de ingeniería, en las cuales los estudiantes tienen en el laboratorio instancias que les permiten apropiarse de habilidades fundamentales para el aprendizaje de la Física y para su futuro desempeño profesional. Entre estas habilidades podemos destacar: el manejo de equipamiento, la toma de datos, la estimación de errores, el registro, tratamiento y análisis de datos, además del trabajo colaborativo (Romero *et al.*, 2020) y de apropiarse de conocimientos del campo conceptual de la disciplina.

Durante años la experimentación en Física se realizó exclusivamente en los laboratorios reales de las instituciones educativas. Sin embargo, con el desarrollo computacional de las últimas décadas, los docentes disponen de nuevas herramientas para la experimentación: los laboratorios virtuales o simulaciones computacionales (LV) y los laboratorios remotos (LR), que han ido cubriendo aquellos espacios que, por cuestiones de costo, disponibilidad de equipos o distancia, no podían ser cubiertas por los laboratorios reales. (Rosado y Herreros, 2005).

Los laboratorios virtuales (LV) consisten en una simulación que muestra en la pantalla de la computadora, con diferentes lenguajes (gráficos, imágenes, incluso instrumentos), los resultados de la modelización de un fenómeno físico. Algunos LV han sido evaluados de manera positiva para acompañar el aprendizaje universitario de diferentes temas de electromagnetismo de los cuales no se dispone de laboratorio real (o convencional) o como complemento del mismo (Velazco y Buteler, 2017; Rosado y Herreros, 2005; Lucero *et al.*, 2000).

Los laboratorios remotos (LR) permiten la experimentación real utilizando una computadora con conexión a Internet (Arguedas y Concari, 2018). Los LR pueden considerarse como una evolución de los LV (Lorandi *et al.*, 2011) pues no significa realizar una simulación de un fenómeno (como es el caso del LV) sino que son herramientas tecnológicas que configuran prácticas reales que no requieren desplazamiento del estudiante (o el científico) al lugar donde está emplazado el equipamiento, y le permiten realizar actividades como las de un laboratorio convencional, en la mayoría de los casos sin requerir de la sincronía entre docentes, estudiantes, personal de laboratorio, etc.

Diferentes investigadores, (Lerro y Marchisio, 2016; Herrero-Villarreal *et al.* 2020; Marchisio *et al.*, 2014, Arriasecq y Santos, 2017) han estudiado aspectos vinculados a la enseñanza universitaria de

la Física empleando estos recursos virtuales, resaltando sus potencialidades en la promoción de aprendizajes. Los mismos han sido favorablemente valorados no solamente como instancia de laboratorio sino por sus capacidades de propiciar formas de razonamiento y argumentación propias de la educación en ciencias. En este trabajo se presentan los resultados de la implementación de diferentes LR y LV para el cursado no presencial de Física con contenidos de electromagnetismo.

Las preguntas que orientaron esta investigación son:

¿Qué LR y LV poseen características que los hace potencialmente útiles para la enseñanza universitaria de electromagnetismo, como facilidad de acceso, potencialidad para relacionar teoría y práctica, acompañamiento didáctico, tratamiento que favorezca la interpretación de los conceptos teóricos, rigurosidad conceptual, motivación para el aprendizaje de la Física, capacidad de ofrecer experiencias que la disponibilidad de equipo real no puede brindar, etc.?

¿Cómo valoran los estudiantes las experiencias con LR, particularmente en relación con su implicación en el proceso de aprendizaje?

Así, el objetivo de esta investigación fue seleccionar y caracterizar laboratorios remotos y laboratorios virtuales para ser empleados durante el cursado de Física II en el año 2020, y describir las valoraciones de los estudiantes respecto a su uso al finalizar ese curso.

Como primera hipótesis de trabajo se consideró que, de la multiplicidad de recursos disponibles en la web, solamente unos pocos podían cumplir con requisitos que los hicieran valiosos para acompañar la enseñanza y los aprendizajes del electromagnetismo. Por otra parte, al tomar desde la cátedra la decisión didáctica de mediar la experimentación durante la pandemia COVID 19, en clases sincrónicas virtuales con estos recursos, se suponía que los mismos además de cubrir aquellos espacios que por razones obvias no podían darse con los laboratorios reales, brindarían a los estudiantes situaciones que los llevaran a construir conocimientos del campo conceptual en estudio, abordando estrategias de trabajo no tradicionales.

2. Materiales y métodos

Los 90 estudiantes que cursaron Física II en carreras de Ingeniería en el segundo semestre 2020 con modalidad virtual, utilizando recursos de la plataforma Moodle y clases sincrónicas por Google Meet, realizaron 3 experiencias de laboratorio remoto y 6 de laboratorio virtual. Con una

metodología exploratoria y descriptiva, los docentes de la cátedra durante el primer semestre 2020 procedieron a la búsqueda, caracterización y selección de los recursos virtuales adecuados para ser utilizados con fines didácticos para la enseñanza de los contenidos de óptica y electromagnetismo básicos, durante el segundo semestre 2020.

Para la selección de LR y LV, con contenidos de óptica y electromagnetismo disponibles en la web, se procedió a su caracterización según indicadores considerados relevantes para poder emplear los recursos en el aula universitaria (Tabla 1).

Durante la implementación de los laboratorios se asumió una metodología de investigación participativa en la que los docentes al mismo tiempo de comportarse como investigadores, acompañaron a los estudiantes en los desarrollos de los experimentos. Para estos experimentos se elaboraron guías didácticas y videos.

Al finalizar el cursado, todos los estudiantes respondieron una encuesta autoadministrada por Google en la cual expresaron sus opiniones y valoraciones sobre el uso, aprendizajes y sus comentarios respecto a los laboratorios remotos y virtuales que realizaron en forma no presencial durante el cursado 2020.

3. Resultados y Discusión

Para cumplir con el objetivo de caracterizar LR y LV disponibles, se elaboró la Tabla 1: esta presenta criterios e indicadores considerados para la selección primaria de posibles recursos a utilizar en la realización de experimentos de Física.

Tabla 1. Criterios e indicadores para caracterizar LR y LV.

Criterios	Accesibilidad	Características didácticas	Contenidos de física
Indicadores	Disponibilidad libre (salvo matriculación) Acceso desde diferentes dispositivos con conexión a Internet Idioma	Presenta una anticipación/descripción del experimento a realizar. Dispone de guías didácticas/material de apoyo para la realización de la experiencia. Es suficientemente versátil para que el docente lo adapte según las necesidades curriculares.	AC. DC. Magnetismo. Campo eléctrico. Fenómenos de inducción electromagnética. Óptica geométrica. Óptica física.

A modo de ejemplo se presenta la caracterización, a partir de los criterios indicados en la Tabla 1, del sitio e-Laboratory Project que permite el acceso virtual a diversos laboratorios remotos (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización de los laboratorios remotos e-laboratory Project

Indicadores	e-laboratory project disponible en http://www.ises.info/index.php/en
Características de Accesibilidad	Disponibilidad libre. Acceso desde diferentes dispositivos con conexión a Internet Puede accederse desde dispositivos móviles a la mayoría de las experiencias. Casi todos los experimentos (18) ya están disponibles en una nueva versión de JavaScript que permite realizar mediciones desde tabletas y teléfonos móviles. Idioma: inglés. Se puede traducir toda la página.
Características didácticas	a) Presenta una anticipación/descripción del experimento a realizar: Cada experimento tiene una breve descripción y enlaces a video o mediciones. b) Dispone de guías didácticas/material de apoyo para la realización de la experiencia: cada experimento cuenta con los siguientes apartados (en el lado izquierdo de la pantalla) - La motivación: esquema con preguntas en relación al experimento - Base física: contenidos teóricos - Guía de experimentos: esquema del experimento - Entrada de tareas: procedimiento. - Arreglo experimental: fotografías de secuencias del experimento. - Ejecutando el experimento. c) Es suficientemente versátil para que el docente lo adapte según las necesidades curriculares: Si d) Adaptabilidad al nivel universitario: si
Contenidos disciplinares de Física	Inducción electromagnética Oscilaciones libres y forzadas Radioactividad (5 experimentos) Capacitores, resistencia, carga El circuito serie RLC Óptica: Difracción en micro objetos, polarización de la luz. Estudio de espectros. Principio de incertidumbre de Heisenberg; efecto fotoeléctrico. Medición de la constante de Planck. Campos magnéticos El efecto de Faraday en magnetoópticos Caída libre, plano inclinado, péndulo simple, principio de Arquímedes, Ley de Faraday

La Tabla 3 ilustra la caracterización, a partir de los criterios indicados en la Tabla 1, de un sitio que ofrece diversos laboratorios virtuales.

En la instancia de búsqueda y caracterización de recursos, se encontraron 12 laboratorios remotos que cumplían el requisito de disponer de contenidos adecuados para la asignatura, y 10 laboratorios virtuales.

Sin embargo, al someterlos a la caracterización por los demás indicadores (accesibilidad y características didácticas), se encontró que algunos no eran accesibles desde diferentes dispositivos y/o

no disponibles en cualquier momento, y otros no disponían de los contenidos adecuados para el nivel del curso (sea por los contenidos disciplinares o por la versatilidad para la adaptación a la enseñanza básica universitaria).

En esta etapa de la exploración resultó fundamental acceder a cada posible laboratorio y realizar los experimentos disponibles para poder tomar decisiones sobre su posibilidad de uso didáctico.

Tabla 3. Caracterización de los laboratorios virtuales de PHET

Indicadores	Phet Universidad de Colorado disponible en https://phet.colorado.edu/
Características de accesibilidad	Disponibilidad libre. Acceso desde diferentes dispositivos con conexión a Internet (teléfono, Tablet, computadora). Acceso en todo momento. Idioma: español.
Características didácticas	a) Presenta una anticipación/descripción del experimento a realizar: No b) Dispone de guías didácticas/material de apoyo para la realización de la experiencia: Se presentan diferentes guías didácticas elaboradas de manera colaborativa por la comunidad educativa. c) Es suficientemente versátil para que el docente lo adapte según las necesidades curriculares: Si d) Adaptabilidad al nivel universitario: si
Contenidos disciplinares de Física	Movimiento Sonido y Ondas Trabajo, Energía y Potencia Calor Fenómenos Cuánticos <i>Luz y Radiación</i> <i>Electricidad, Imanes y Circuitos</i>

Teniendo en cuenta que para un mismo tema teórico se disponía en algunos casos de diferentes recursos, se realizó una comparación entre LR y LV. Por ejemplo, en el caso de circuitos de corriente continua se compararon los laboratorios remoto VISIR, y virtuales FALSTAD y CROCODILE CLIPS, según indicadores propios más minuciosos elaborados especialmente para refinar la selección de los recursos encontrados inicialmente. Se valoraron MB (muy bueno), B (bueno), R (Regular), NS (no se dispone), cada uno de los aspectos. La tabla siguiente sintetiza los resultados obtenidos. Luego de este proceso de exploración inicial, se seleccionaron los laboratorios remotos VISIR (compartido por UNED de Costa Rica), Difracción (e-laboratory Project ISES) e Inducción electromagnética (e-laboratory Project ISES). En tanto que los laboratorios virtuales correspondientes a los temas Campo eléctrico, Potencial eléctrico, Capacitores, Reflexión y refracción de la luz se seleccionaron de PHET (<https://phet.colorado.edu>), Circuitos de corriente continua con FALSTAD (<http://www.falstad.com/>), Lentes y microscopio

(<http://physics.bu.edu/>) y Difracción e interferencia de la luz (APPS DE FÍSICA, Walther Fendt <https://www.walter-fendt.de/html5/phes/>).

Se reelaboraron guías de trabajo de laboratorio que permitieran acompañar a los estudiantes en las actividades al tiempo de propiciar el desarrollo de competencias vinculadas al trabajo experimental. Previo a la realización de cada laboratorio se brindó una explicación virtual sincrónica por Google Meet, y además se suministraron videos propios de la cátedra con explicaciones detalladas de acceso y uso de laboratorio, para aquellos casos que pudieran presentar mayor dificultad. Todo el material se medió a través de la plataforma FACAI virtual.

Tabla 4. Comparación de un laboratorio remoto y dos virtuales desde su potencialidad didáctica

Indicadores	Electrónica. VISIR Universidad de Deusto.	Laboratorio virtual Falstad	Laboratorio virtual Crocodile Clips v.3.5
	Funcionalidad		
La estética del experimento.	MB	MB	MB
La presencia de imágenes o simulaciones superpuestas.	NS	NS	NS
El experimento capta la atención del experimentador.	MB	B	MB
Operacionalidad			
El tiempo que se requiere para acceder.	MB	MB	MB
Tiempo disponible del enlace alcanza para realizar a conciencia el experimento	MB	MB	MB
Coherencia de contenido			
¿Se puede hacer preguntas para orientar el experimento y poder contrastar el marco teórico, formular hipótesis explicativas, comparar con simulaciones (si tenemos disponibles)?	MB	MB	MB
El desarrollo del experimento corresponde a la profundidad de los contenidos abordados en nivel superior (o son solamente introductorios)	Nivel superior	Nivel superior	Nivel superior

Los trabajos de laboratorio se realizaron en grupos de no más de 5 integrantes, y los informes se entregaron por plataforma Moodle para su evaluación por parte de los docentes. Previo a cada laboratorio los estudiantes disponían de un cuestionario de revisión conceptual de los temas involucrados, y posteriormente al laboratorio de otro, de manera de permitir la autoevaluación de sus aprendizajes.

Los informes de laboratorio se solicitaron en un formato no convencional, al modo de un resumen que respondiera las siguientes cuestiones: cuál fue el objetivo del experimento, qué realizaron para cumplirlo, qué conceptos/leyes/teorías se pusieron en juego en la realización del experimento, cómo analizaron los datos, qué conclusiones obtuvieron. En cada informe dentro de las conclusiones los estudiantes debieron emitir un juicio de valor relativo al uso de ese laboratorio. Esta nueva modalidad de presentación de informes buscó desarrollar en los estudiantes habilidades vinculadas con el desarrollo de la habilidad argumentativa y de la comunicación en eventos científicos.

Respecto a las valoraciones de los estudiantes en las encuestas autoadministradas al finalizar el cursado, se sintetizaron las respuestas en tres categorías: aspectos de interés, dificultades y opiniones personales. En cada categoría se informan a continuación las respuestas que mayor frecuencia presentaron o que, comparativamente, presentaron mayores diferencias.

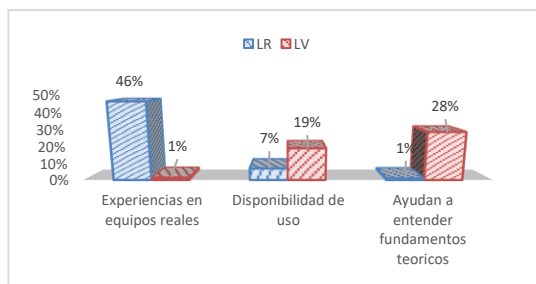


Figura 1. Resultados de encuesta correspondiente a la Categoría “Aspectos de interés del uso de LR y LV”

El 46 % de los estudiantes valoran como aspecto de interés la oportunidad de trabajar y de realizar ensayos con equipos reales, que les permitieron experimentar en condiciones de no presencialidad recurriendo a los LR. Los LV tuvieron una valoración positiva del 28% y superior a la de los LR, en los aspectos relativos a entender y comprender con mayor facilidad los fundamentos teóricos vistos. En tanto a la disponibilidad de uso, fue valorada positivamente en mayor medida en los LV que en los LR, en una pregunta relativa a la disponibilidad los laboratorios en todo momento, permitiéndoles repetir los experimentos tantas veces

como lo desee y lograr así un mayor aprovechamiento del recurso para el aprendizaje.

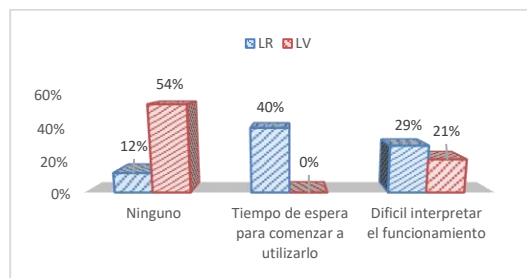


Figura 2. Resultados de encuesta correspondiente a la Categoría “Inconvenientes en el uso de LR y LV”

Entre estas dificultades o inconvenientes reportados por los estudiantes, se destaca el tiempo de espera para operar los equipos reales en los laboratorios remotos, si bien esta observación correspondió a uno solo de los laboratorios, frente a la ausencia de demora en la operación de una simulación como es el caso de un LV. También los estudiantes mencionaron dificultades mayores para comprender el funcionamiento de los LR que los LV, aspecto que se debe a la diferencia sustancial entre un equipo real como es el empleado en un LR y una representación de un equipamiento o la simulación de un fenómeno que se presenta en los LV. El uso de los LV es mucho más sencillo e intuitivo que el de los LR, y esta característica se destaca en la ausencia de inconvenientes para el 54% de los alumnos en la operación con LV, frente a un 12% de estudiantes que tuvieron alguna dificultad al operar o comprender la operación de un LR.

En la encuesta se prestó especial atención a las opiniones libres de los estudiantes. Respecto a los laboratorios remotos, algunos estudiantes resaltaron lo interesante de operar con equipos que están en otro lugar del mundo, poder repetir la experiencia tantas veces como fueran necesarias para entender la teoría, y en cualquier momento, observar los cambios producidos en las respuestas al modificar variables. Estos aspectos mencionados son consistentes con los declarados en otras investigaciones relativas al empleo didáctico de estos recursos (Idoyaga *et al.*, 2020; Arguedas Matarrita y Concari, 2018; García Zubía *et al.*, 2014; Herrero Villarreal *et al.*, 2020).

Las siguientes son opiniones textuales de los estudiantes, relativas al empleo de LR:

“Lo que más destaco de los laboratorios remotos es el poder ver en tiempo real el fenómeno y lo que sucede en el laboratorio a pesar de estar lejos y a través de una pantalla. Me hizo sentir un poco que estaba en un laboratorio de verdad como si hubiera

estado ahí, poder familiarizarme con el laboratorio y saber que sucede en uno.”

“Los laboratorios remotos me gustan porque podemos ver o visualizar mejor como son en la vida real los equipos. Ver cómo funcionan en realidad y de no correr el riesgo de romper cosas a la hora de usarlos. Aunque algún día estaría encantado de hacerlo en persona”.

En tanto a los laboratorios virtuales, los estudiantes resaltaron la posibilidad de operar sin temor a romper equipos, poder contrastar resultados del experimento con el modelo teórico y el fenómeno, lo atractivo de las presentaciones visuales, la posibilidad de repetir la experiencia de manera ilimitada, el idioma del recurso, respuestas que también han sido presentada en anteriores investigaciones al caracterizar este tipo de laboratorio (Vergara Rodríguez, 2019; Lorandi Medina *et al.*, 2011; Velasco y Buteler, 2017).

A modo de ejemplo, las siguientes son opiniones de estudiantes al valorar los LV:

“...fueron más simples de entender y de utilizar, ya que sus elementos no eran tan complicados para utilizar, la mayoría de estos estaban en español por lo que facilitó su uso, no tenía miedo de romper los elementos ya que no pasaría nada. Los gráficos y esquemas de cada uno eran un poco más simples de entender por lo que me ayudó a comprender la teoría y el fenómeno estudiado.”

“...te abre mucho la cabeza y podés imaginarte mejor y entender mejor los conceptos...”

A modo de síntesis de los comentarios de los estudiantes, dos opiniones que consideramos resaltan los aspectos didácticos más fuertes de estos recursos, son las siguientes:

“Me pareció muy interesante el concepto de laboratorio remoto. Antes de cursar la materia no conocía que se podía acceder a los resultados de un experimento realizado con equipos físicos a través de internet.”

“Me encantó la simplicidad que tienen y la forma de mostrarte las cosas. Sin dudas, en mi opinión, aunque no se si en años anteriores los usaron, deberían presentarlos todos los años y usarlos durante las clases, porque entendés muchísimo mejor el tema. Los laboratorios virtuales me encantaron, me fueron muy útiles.”

La implementación orientada con fines didácticos de los laboratorios remotos y virtuales en condiciones

de no presencialidad en la cátedra de Física II muestra resultados altamente positivos desde el punto de vista de la valoración de los estudiantes, los que son coincidentes con los informados por la bibliografía.

4. Conclusiones

De los numerosos recursos disponibles en la web se pudo caracterizar y seleccionar diversos laboratorios remotos y laboratorios virtuales disponibles con acceso libre, atendiendo a que fueran potencialmente útiles para relacionar teoría y práctica, que presentaran opciones de trabajo que favorecieran la interpretación de los conceptos teóricos sin desmedro de la rigurosidad conceptual y al mismo tiempo resultaran en una fuente de motivación para el aprendizaje de la Física. Estos recursos, con contenidos variados de electromagnetismo y óptica, se implementaron en el cursado virtual 2020.

Tanto los laboratorios remotos como los laboratorios virtuales resultan herramientas esenciales para acompañar los aprendizajes de los estudiantes de Física. Permiten formas de experimentación a la que pueden acceder disponiendo de un dispositivo como PC, Tablet, notebook o celular y una adecuada conexión a Internet. Este tipo de trabajo resulta esencial en momentos de aislamiento y no asistencia a la universidad, como es la situación vivida consecuencia de la pandemia de COVID 19, pero también durante un cursado presencial o mixto.

La educación en condiciones de virtualidad requirió un alto nivel de adaptación a la nueva modalidad de enseñanza y de aprendizaje. Los docentes debieron realizar un trabajo de resignificación de todas las clases y en particular las de laboratorio, con la elaboración de nuevas guías de trabajos experimentales y videos para poder acompañar a los estudiantes en el recorrido por los laboratorios remotos y virtuales utilizados. Por parte de estudiantes, disponer de dispositivos y conexiones a Internet, y al no contar con la presencia del docente (no obstante la disponibilidad de clases de consulta y de videos entregados) les exigió un mayor esfuerzo de comprensión de principios de funcionamiento del equipamiento e interpretación de datos. Este ejercicio extra consideramos que favoreció el trabajo en grupo para la búsqueda de soluciones, aspecto esencial en la formación del futuro ingeniero.

Las valoraciones de estos recursos por parte de los estudiantes, permite afirmar que son fuertemente motivadores para acompañar aprendizajes, convirtiéndose en situaciones que generan una disposición favorable esencial para promover aprendizajes significativos.

Docentes y estudiantes valoraron positivamente estos recursos virtuales. En especial, los estudiantes resaltaron la posibilidad de poder operar con los equipos tantas veces como fuera necesario, permitiendo el acercamiento a la forma de operación con dispositivos reales y a la interpretación en contexto de un fenómeno de la teoría de la asignatura, en el LR, o simulados como en el LV.

Es innegable que la pandemia COVID 19 ha generado una ruptura en la forma de enseñar y de aprender. Las metodologías de trabajo en el aula no volverán a ser las mismas, debiendo prepararse los equipos de cátedra en un camino hacia la bimodalidad o modalidad mixta, en la que el acento estará puesto más en el aprendizaje que en la enseñanza.

La implementación de recursos como los laboratorios remotos y virtuales exige un alto grado de mediación, en particular, en condiciones de no presencialidad. La figura del docente como tutor orientador de la actividad del estudiante es crucial para acompañar en la formación en cualquier modalidad de enseñanza.

El conocimiento logrado por el equipo de investigación, docentes de una cátedra universitaria, relativo al empleo de recursos como los laboratorios remotos y virtuales, y la valoración de los estudiantes sobre su uso, resulta valioso para su implementación en futuros cursos.

5. Referencias

Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. B. (2018). *Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: indagando a los especialistas*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 35 (3), 702-720.

Arriasecq, I. y Santos, G. (2017). *Nuevas tecnologías de la información como facilitadoras de aprendizaje significativo*. Archivos de Ciencias de la Educación, 11 (12), e030. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.24215/23468866e030>

Conejo-Villalobos, M., Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. (2019). *Difundiendo el uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la Física: Talleres con docentes y estudiantes*. Revista de Enseñanza de la Física, 31. N° Extra, Nov.2019,205-213

García-Zubía, J., Romero, S., Guenaga, M., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Cuadors, J., González-Sabaté, L., Orduña, P., Dziabenko, O., Rodríguez-Gil, L. (2014). *XI Congreso TAEE* Universidad de Deusto.

Gómez, A., García Pérez, M. y Díaz Orueta, G. (2016). *La Evaluación como instrumento de formación para el aprendizaje a través de los laboratorios remotos*. Revista de docencia Universitaria 14 (1), 377-403.

Herrero-Villarreal, D.; Arguedas Matarrita, C.; Gutiérrez Soto, E. (2020). *Laboratorios remotos: recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes*. Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 32, n° extra.

Idoyaga, I. Vergas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A.L (2020) *El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental*. Campo Universitario. 1(2) Septiembre- Diciembre 2020, pp. 4-26

Lerro, F. y Marchisio, S. (2016). *Preferences and Uses of a Remote Lab from the Students' Viewpoint*. iJOE, 12, 53-58. Recuperado de: <https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/5468>

Lorandi Medina, P., Hermida Sab, G., Hernández Silva, J. y Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). *Los Laboratorios Virtuales y los Laboratorios remotos en la Enseñanza de la Ingeniería*. Revista Internacional de Educación en Ingeniería, 4, 24-30

Lucero, I.; Meza, S.; Sampallo, G.; Aguirre, M. y Concari, S. (2000). *Laboratorio real y laboratorio virtual*. Memorias comunicaciones científicas y tecnológicas. UNNE. Argentina.

Marchisio, S., Concari, S., Lerro, F. y Kofman, H. (2014). *Acerca de logros y dificultades: valorando desarrollos tecnológicos y experiencias educativas con laboratorios remotos en Argentina*. Diálogo entre culturas: estrategias didácticas y tecnologías educativas. Pizarra digital. Madrid: UNED.

Periago, M. C. y Bohigas, X. (2005). *Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 7 (2). Recuperado de: <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenido-periago.html>

Romero, R., Stoessel, A. y Rocha, A. (2020). *Un estudio de diseño sobre la implementación de laboratorios remotos en la enseñanza de la física universitaria: la observación del trabajo de los estudiantes*. Revista de Enseñanza de la Física, 32 (1), 77-91.

Rosado, L. y Herreros, J. (2005). *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*. International

Conference on Multimedia and CT in Education.

Recuperado de:

<https://observatoriotecedu.uned.ac.cr/media/286.pdf>

Serrano, G., Catalán, L., Julián, F., Mauceri, D. (2018). *Laboratorio Real y laboratorio virtual: valoración de los estudiantes*. Presentado en: Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP, 11-14 de abril, San Rafael, Argentina.

Velasco, J. y Buteler, L. (2017). *Simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física: una revisión crítica de los últimos años*. Enseñanza de las ciencias, 35 (2), 161-178.

Vergara Rodriguez, D. (2019). *Imposición de los laboratorios virtuales en la educación del siglo XXI*. Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación, V (13), n 2. Julio-Diciembre 2019. Eduweb, 2019 Online ISSN:2665-0223

Viegas, C.; Pavani, A.; Lima, N.; Marques, A.; Pozzo, I.; Dobboletta, E.; Atencia, V.; Barreto, D.; Callari, F.; Fidalgo, A.; Lima, D.; Temporao, D.; Alves, G. (2018). *Impact of a remote lab on teaching practices and student learning*. Computer & Education, 126, 201-216.